

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP04/016165

International filing date: 29 October 2004 (29.10.2004)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP
Number: 2004-055134
Filing date: 29 January 2004 (29.01.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 03 March 2005 (03.03.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

06.01.2005

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 4 年 1 月 2 9 日
Date of Application:

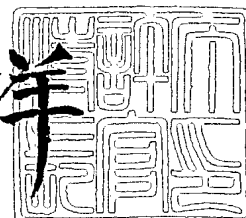
出 願 番 号 特 願 2 0 0 4 - 0 5 5 1 3 4
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 4 - 0 5 5 1 3 4]

出 願 人 財団法人半導体研究振興会
Applicant(s):

2 0 0 5 年 2 月 1 7 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小 川 洋



【書類名】 特許願
【整理番号】 H1602
【特記事項】 特許法第 3 0 条第 1 項の規定の適用を受けようとする特許出願
【提出日】 平成16年 1月29日
【あて先】 特許庁長官 殿
【発明者】
 【住所又は居所】 宮城県仙台市青葉区米ヶ袋 1 丁目 6 番 1 6 号
 【氏名】 西澤 潤一
【発明者】
 【住所又は居所】 宮城県仙台市青葉区吉成 1 丁目 5 番 1 1 号
 【氏名】 須藤 建
【発明者】
 【住所又は居所】 宮城県仙台市青葉区旭ヶ丘 2 丁目 4 5 番 1 2 号 - 2 0 1
 【氏名】 佐々木 哲朗
【発明者】
 【住所又は居所】 宮城県仙台市太白区富沢 3 丁目 2 0 番 4 6 号 - 6 0 6
 【氏名】 田邊 匡生
【発明者】
 【住所又は居所】 宮城県仙台市青葉区小松島 4 丁目 1 4 番 2 号 - 1 0 3
 【氏名】 木村 智之
【特許出願人】
 【識別番号】 000173902
 【住所又は居所】 宮城県仙台市青葉区川内（番地なし）
 【氏名又は名称】 財団法人半導体研究振興会
 【代表者】 緒方 研二
 【電話番号】 022-223-7287
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

2つのポンプ光源を非線形光学結晶に導入し、差周波発生によりテラヘルツ波を発生する装置において、任意のテラヘルツ波長を得るために▲1▼2つのポンプ光間の微小角度▲2▼2つのポンプ光間の発振開始時間差、▲3▼ポンプ光周波数▲4▼非線形光学結晶角度のうち少なくとも2つを連動させて制御することを特徴とするテラヘルツ波発生装置。

【請求項 2】

非線形光学結晶から、ある角度を持って出射されるテラヘルツ光を、その角度によらず任意の点に集光するために、一对の放物面鏡を持ち、その放物面鏡の位置を制御する系を有し、請求項1に記載の▲1▼から▲4▼の制御と、▲5▼放物面鏡の位置のうち、少なくとも2つを連動して制御することを特徴とするテラヘルツ波発生装置。

【請求項 3】

非線形光学結晶から、ある角度を持って出射されるテラヘルツ光を、その角度によらず任意の点に集光するために、非線形光学結晶からのテラヘルツ波の出射点を中心に光学系が回転する系を有し、請求項1に記載の▲1▼から▲4▼の制御と、▲5▼この光学系回転角のうち、少なくとも2つを連動して制御することを特徴とするテラヘルツ波発生装置。

【請求項 4】

請求項1および2および3に記載の結晶がGaP結晶であることを特徴とするテラヘルツ波発生装置。

【請求項 5】

請求項1および2および3に記載の2つのポンプ光源のうち、第1のポンプ光源が波長1.064 μ mのYAGレーザであり、第2のポンプ光源が第1のポンプ光源の第3高調波によって励起され、インジェクションシーディング手段を備えたオプティカルパラメトリック発振器(OPO)であることにより線幅が狭いことを特徴とする請求項1および2および3に記載のテラヘルツ波発生装置。

【請求項 6】

請求項1および2に記載の2つのポンプ光源のうち、少なくとも一方が波長1.064 μ mのYAGレーザによって励起され波長可変のレーザ光を発生するCr:FORSTERITEレーザであることを特徴とする請求項1および2および3に記載のテラヘルツ波発生装置。

【請求項 7】

請求項1および2に記載の2つのポンプ光源のうち、少なくとも一方が波長可変のレーザ光を発生するYbドープファイバレーザであることを特徴とする請求項1および2および3に記載のテラヘルツ波発生装置。

【請求項 8】

請求項1および2に記載の2つのポンプ光源のうち、少なくとも一方が波長可変のレーザ光を発生するYdドープYLFレーザであることを特徴とする請求項1および2および3に記載のテラヘルツ波発生装置。

【書類名】明細書

【発明の名称】テラヘルツ波発生装置

【技術分野】

【0001】

本発明はコヒーレントテラヘルツ波発生装置に関わる。

【背景技術】

【0002】

生体物質、癌細胞などの大きな分子や高分子を識別するための波長可変テラヘルツ分光光源として利用するため、誘電体 LiNbO_3 結晶内のポラリトンモードを利用したテラヘルツ波発生装置が知られている。すなわち、 LiNbO_3 結晶に一つまたは二つのポンプ光を入射し、差周波発生やパラメトリックオシレーションによりテラヘルツ波を発生する。この時得られるテラヘルツ波はおよそ 0.7 から 2.5 THz の範囲のコヒーレント光である。しかし、テラヘルツ波分光スペクトルの違いを使って多様な生体物質などの識別をするには、スペクトル可変範囲として上記周波数範囲は狭すぎるのである。より高周波まで測定することによって、スペクトルパターンの違いが明確となり、分子の識別が可能となる。

【0003】

周波数可変範囲の広いテラヘルツ発生装置として、半導体 GaP 結晶内のポラリトンモードを利用したテラヘルツ波発生装置が知られている。すなわち、 GaP 結晶にポンプ光およびシグナル光を、角度位相整合条件を満たすように微小角度をつけて入射し、差周波発生によりテラヘルツ波を発生する。ポンプ光およびシグナル光をインジェクションシーディング技術、あるいはエタロン挿入などによって線幅を狭くすることにより、得られるテラヘルツ波の線幅も狭く、更に大出力が得られ、分光装置に適する光源が得られている。このようなテラヘルツ波発生装置を分光計測装置等に用いるには、瞬時に任意のテラヘルツ波長を決定し、一定の場所に大出力のテラヘルツ波を発生させる必要がある。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

テラヘルツ波照射装置やテラヘルツ分光測定装置などでは高速化が要求されるため、任意のテラヘルツ波を瞬時に、大出力で、一定の場所に供給できなければならない。 GaP 結晶内のポラリトンモードを利用したテラヘルツ波発生装置では、角度位相整合を行う必要があるため、発生させるテラヘルツ周波数に応じて、結晶に入射する 2 つの励起レーザー光の波長を選択し、微小角度を調節する必要がある。また、2 つのポンプ光がパルスである場合、 GaP 結晶への入射が同時でなければならない。出射されるテラヘルツ波は、その周波数によって GaP 結晶からの出射角度が変化し、高周波数になると GaP 結晶裏面で全反射してしまい、テラヘルツ波が得られなくなる。

【課題を解決するための手段】

【0005】

テラヘルツ波を任意の周波数で、瞬時に、大出力で、ある一定の点に供給するために、ポンプ光レーザー波長、ポンプレーザー光間角度、 GaP 結晶角度、ポンプ光時間差、及び放物面鏡の配置あるいは光学系全体の回転角を連動して制御する。

【発明の効果】

【0006】

本発明はテラヘルツ波発生装置に関し、任意のテラヘルツ波長を瞬時に、一定の場所に大出力のテラヘルツ波を発生させる装置を提供するものであり、テラヘルツ波照射装置やテラヘルツ分光計測装置などに利用できる。

【実施例 1】

【0007】

テラヘルツ波を発生する結晶として GaP を使う。2 つのポンプ光波長を $1.0 \mu\text{m}$ より大きい波長にして、ポンプ光間に微小な角度を持たせることにより達成される角度位相

整合を用いれば、GaP結晶内でポンプ光、テラヘルツ波の重なりが大きくなり、効率良く広い周波数帯域でテラヘルツ波が得られる。

【0008】

実施例1の概略図を図1に示す。差周波テラヘルツ発生のための励起光源の第1の励起光源として1.064 μm のパルスYAGレーザ1、第2の励起光源として第1のYAGレーザの3倍波で励起する可変波長パラメトリックオシレータ(OPO)4を用いる。微小角度でテラヘルツを発生する非線形光学結晶であるGaP結晶6に導入するために、2つのレーザ光は偏光ビームスプリッタ5を用いて結合される。第1の励起光は偏光ビームスプリッタ5を透過させ、第1の励起光に対し偏波面の直交する第2の励起光は垂直方向から入射させて偏光ビームスプリッタ5の偏光面で反射させ、平行に近い状態で結合させる。尚、2つのポンプ光は同時にGaP結晶6に到達するように、第1の励起光源YAGレーザ光には遅延線路2を挿入させる。OPOの波長を1.038~1.0635 μm の範囲、あるいは1.0646~1.091 μm の範囲で選べば、差周波数は0.15~7 THzとなる。2つのレーザ光の強度は、1/2波長板と偏光子からなるアッテネータ3により、それぞれ0.1~50 mJの範囲で調節される。

【0009】

2つの励起光間で0から6°程度の任意の微小角度を得るために、図2に示すように偏光ビームスプリッタ5は回転ステージ13により角度を制御される。2つの励起光を、偏光ビームスプリッタ5と約60 mm離れて配置されているGaP結晶6の表面で任意の微小角度において常に同じ点で重ね合わせるために、偏光ビームスプリッタ5は更に、ビームスプリッタ回転ステージ13による回転に連動してビームスプリッタ線形ステージ14上を動く。この線形ステージの移動量は0から6.3 mm程度である。

【0010】

任意の周波数を即時に得る、あるいは任意の速度で周波数掃引することは、ポンプ光レーザの少なくとも一つの波長を任意に制御するとともに、連動してGaP結晶6に近接したミラーやビームスプリッタの回転角度を瞬時に設定することにより可能となる。例えばポンプ光レーザとして、OPO波長可変レーザ(Spectra Physics社MOP O-SL)を用いた場合、OPOの波長はOPOレーザ波長コントローラ9を用い、GP I B通信によってパーソナルコンピュータ11から高速に設定可能となる。

【0011】

GaP結晶より出射されるテラヘルツ波12はその周波数により出射角度(ポンプ光とテラヘルツ波のなす角)が変化する。0.4~6 THzでこの角度は30~60°となる。これを周波数によらず、一定位置あるいは一定線上を通過するようにするには、図3のように一对の非軸放物面鏡を用いる。第1の非軸放物面鏡7はGaP結晶6直近において、上記周波数範囲のテラヘルツ波12を捕獲できるように配置する。その反射光は周波数によらず必ず特定の平行線上を通過するようにできる。第2の非軸放物面鏡8は第1の非軸放物面鏡7に相対して配置し、第1の非軸放物面鏡7で反射されるテラヘルツ波光軸に垂直な軸に沿って、線形ステージ上を移動する。第2の非軸放物面鏡8は必ず鏡上の同じ点でテラヘルツ波12を受け、垂直方向に反射するようにすれば、いずれの周波数においても、テラヘルツ波12は同一線上を通過することになる。結局テラヘルツ波の焦点はこの線上を移動することになるが、シリコンボロメータやDTGS赤外光検出器のようなテラヘルツ波検出器では、直前にホーン形状の集光系を用いれば、焦点が移動しても問題にならない。

【0012】

入射ポンプ光角度を制御するためのビームスプリッタ回転ステージ13とビームスプリッタ線形ステージ14、放物面鏡位置制御線形ステージは、例えばステッピングモータとステッピングモータコントローラ10を用いれば、GP I B通信やUSB通信、RS-232C通信等によりパーソナルコンピュータ11から容易に高速に制御可能である。自動で連続的に周波数を掃引し、且つそれぞれの周波数で最高出力のある特定の点で得るために、OPOの波長、2つの励起光の角度、第2の非軸放物面鏡の位置を同時に制御する。

図4に、このシステムを用いたテラヘルツ波発生装置の出力特性例を示す。

【実施例2】

【0013】

実施例2の概略図を図5に示す。差周波テラヘルツ発生のための励起光源の第1、第2の励起光源として $1.15 \sim 1.35 \mu\text{m}$ の範囲で波長可変なCr:FORSTERITEレーザ22を用いる。2つのレーザ光は実施例1と同様に、互いに直交する偏波面を持って、微小角度でGaP結晶に入射される。例えば第1の励起光源を $1.20 \mu\text{m}$ に固定し、第2の励起光源を $1.2024 \sim 1.2346 \mu\text{m}$ の範囲で選べば、差周波数は $0.5 \sim 7 \text{ THz}$ となる。差周波テラヘルツ発生のための励起光源の第1あるいは第2の励起光源として、YLF（イットリウム・リチウム・フルオライド）レーザやファイバレーザで置き換えることもできる。

【0014】

Cr:FORSTERITEレーザは結晶内のCr準位エネルギーを利用しているので高出力が得られ、且つインジェクションシーディング等の特別の機構無しで線幅が $10 \sim 15 \text{ GHz}$ となる。また、OPOLレーザと同様にYAGレーザ21で励起できるが、OPOLレーザのようにYAGレーザの高調波を用いる必要がないので、簡易かつ安価にすることができる。Cr:FORSTERITEレーザは発振波長により、発振開始までの遅れ時間が異なることがあるので、2つのポンプ光が同時に結晶に照射されるように遅延時間を調節する場合がある。一つのポンプ光に遅延線路25を挿入し、その線路長を可変させてもよいし、あるいは2台のCr:FORSTERITEレーザの励起用YAGレーザをそれぞれ1台ずつ用意し、2台のYAGレーザ間の発振開始時間を調節してもよい。

【0015】

実施例1とほぼ同様の入射ビーム光学系が可能である。しかしながら入射光の波長、つまりエネルギーが異なるために入射励起光間の角度は、実施例1と若干異なる。2つの励起光間の角度 0 から 6° に伴い、出射テラヘルツ光も $0.4 \sim 3 \text{ THz}$ で $50 \sim 80^\circ$ と実施例1より大きな角度となる。出射テラヘルツ波が $3 \sim 4 \text{ THz}$ 程度を超えて、高周波数になるとGaP結晶裏面つまりテラヘルツ波出射面で全反射する可能性がある。これを避けるためには、図6に示すようにGaP結晶6をGaP結晶回転ステージ26上に載せ、必要に応じて回転させれば、より高周波数でも全反射が防げる。GaP結晶6から出射されたテラヘルツ光12の集光系は、実施例1とほぼ同様な設計が可能である。

【0016】

自動で連続的に周波数を掃引し、且つそれぞれの周波数で最高出力をある特定の点で得るために、2台のCr:FORSTERITEレーザ22のうち第1のレーザ波長を固定し、第2のレーザ波長および発振遅れ時間、2つの励起光の角度、GaP結晶の角度、第2の非軸放物面鏡の位置を同時に制御する。

【0017】

入射ポンプ光角度を制御するためのビームスプリッタ回転ステージ13とビームスプリッタ線形ステージ14、放物面鏡位置制御線形ステージ、GaP結晶回転ステージ26は、例えばステッピングモータとステッピングモータコントローラ10を用いれば、GPIB通信やUSB通信、RS-232C通信等によりパーソナルコンピュータ11から容易に高速に制御可能である。

【実施例3】

【0018】

実施例1あるいは2あるいは3のように、差周波発生のために2つのポンプレーザ光をGaP結晶に入射する。このとき、図7のようにGaP結晶6と回転ステージ上ミラー32がテラヘルツ発生部回転ステージ31上に搭載されている。このテラヘルツ発生部回転ステージ31は、テラヘルツ波のGaP結晶6からの出射点直下をステージ回転中心33として回転可能であり、この回転角を制御することによって任意の周波数においてテラヘルツ波12の出射方向を一定に保つことができる。この時、ポンプレーザ光入射角度を制御するためにミラーの回転角度および位置の移動をする。テラヘルツ波出射方向にスリッ

ト 35 があれば、テラヘルツ周波数によらず、常にここからテラヘルツ波 12 が供給できる。同様の構成は、GaP 結晶とプリズムを回転ステージ上に搭載しても得られる。

【図面の簡単な説明】

【0019】

- 【図 1】 実施例 1 におけるテラヘルツ波発生装置の構成を示す図である。
- 【図 2】 実施例 1 におけるポンプ光間の微小角度制御法を示す図である。
- 【図 3】 実施例 1 における発生テラヘルツ波の出射方向の制御法を示す図である。
- 【図 4】 実施例 1 におけるテラヘルツ波発生装置による、テラヘルツ波出力特性の 1 例である。
- 【図 5】 実施例 2 におけるテラヘルツ波発生装置の構成を示す図である。
- 【図 6】 実施例 2 における GaP 結晶の回転角制御法を示す図である。
- 【図 7】 実施例 3 における発生テラヘルツ波の出射方向の制御法を示す図である。

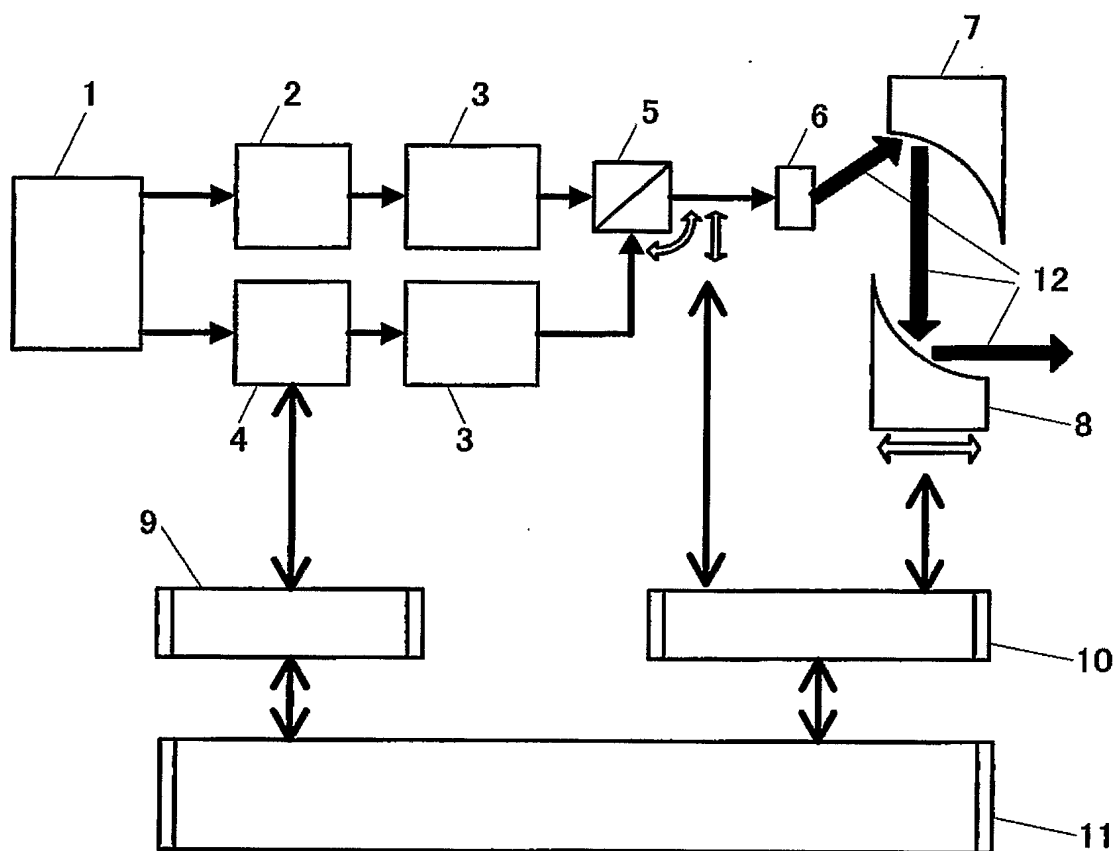
【符号の説明】

【0020】

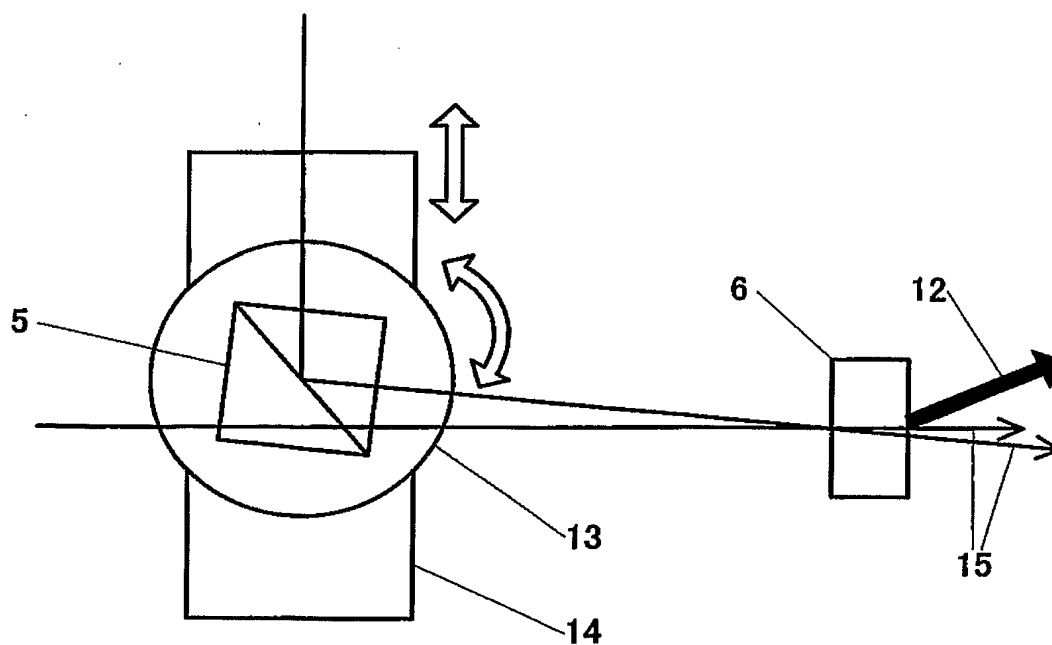
- 1…高調波発振機能付き YAG レーザ
- 2…遅延線路
- 3…アッテネータ
- 4…オプティカルパラメトリックオシレータ (OPO) レーザ
- 5…偏光ビームスプリッタ
- 6…GaP 結晶
- 7…第 1 の非軸放物面鏡
- 8…第 2 の非軸放物面鏡
- 9…OPO レーザ波長コントローラ
- 10…ステップモータコントローラ
- 11…パーソナルコンピュータ
- 12…テラヘルツ波
- 13…ビームスプリッタ回転ステージ
- 14…ビームスプリッタ線形ステージ
- 15…ポンプレーザー光
- 21…YAG レーザ
- 22…Cr:FORSTERITE レーザ
- 23…可変遅延回路
- 24…Cr:FORSTERITE レーザ波長コントローラ
- 25…GaP 結晶回転ステージ
- 31…テラヘルツ波発生部回転ステージ
- 32…回転ステージ上ミラー
- 33…回転ステージ回転中心
- 34…非回転部ミラー
- 35…スリット

【書類名】 図面

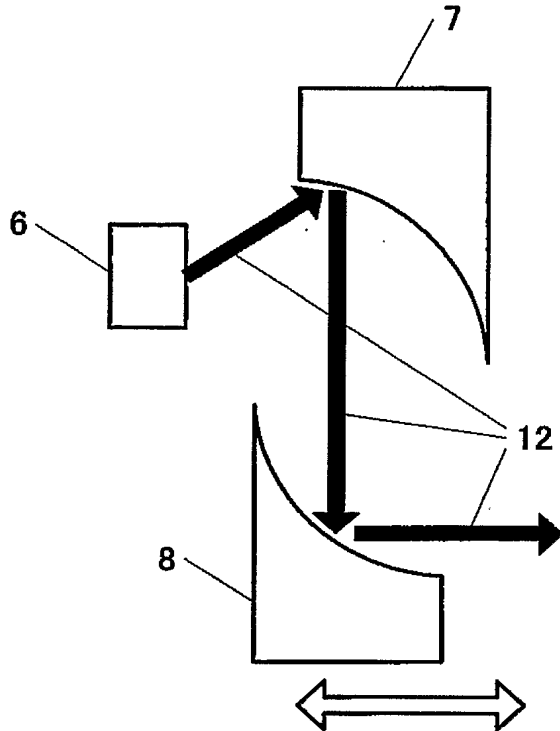
【図 1】



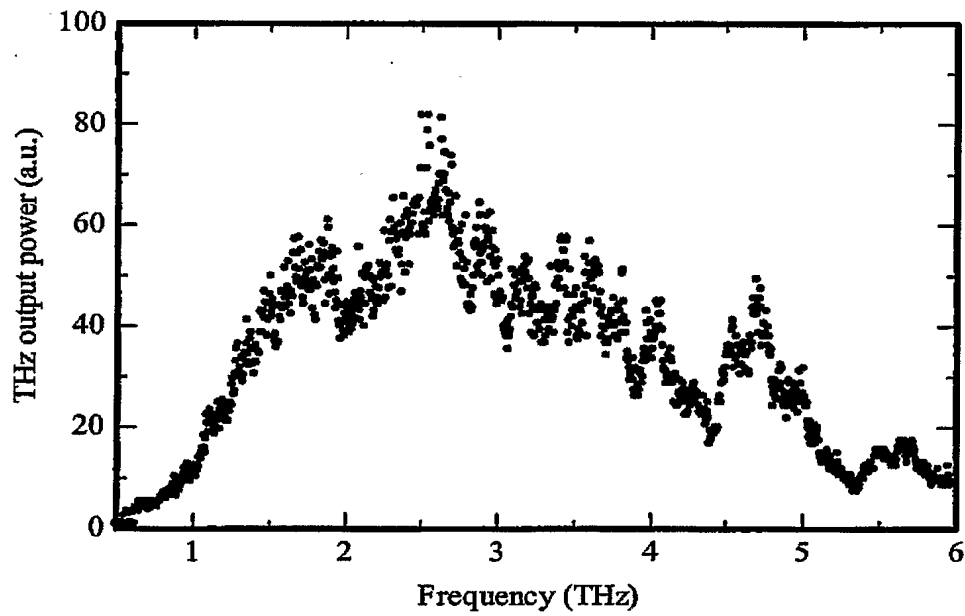
【図 2】



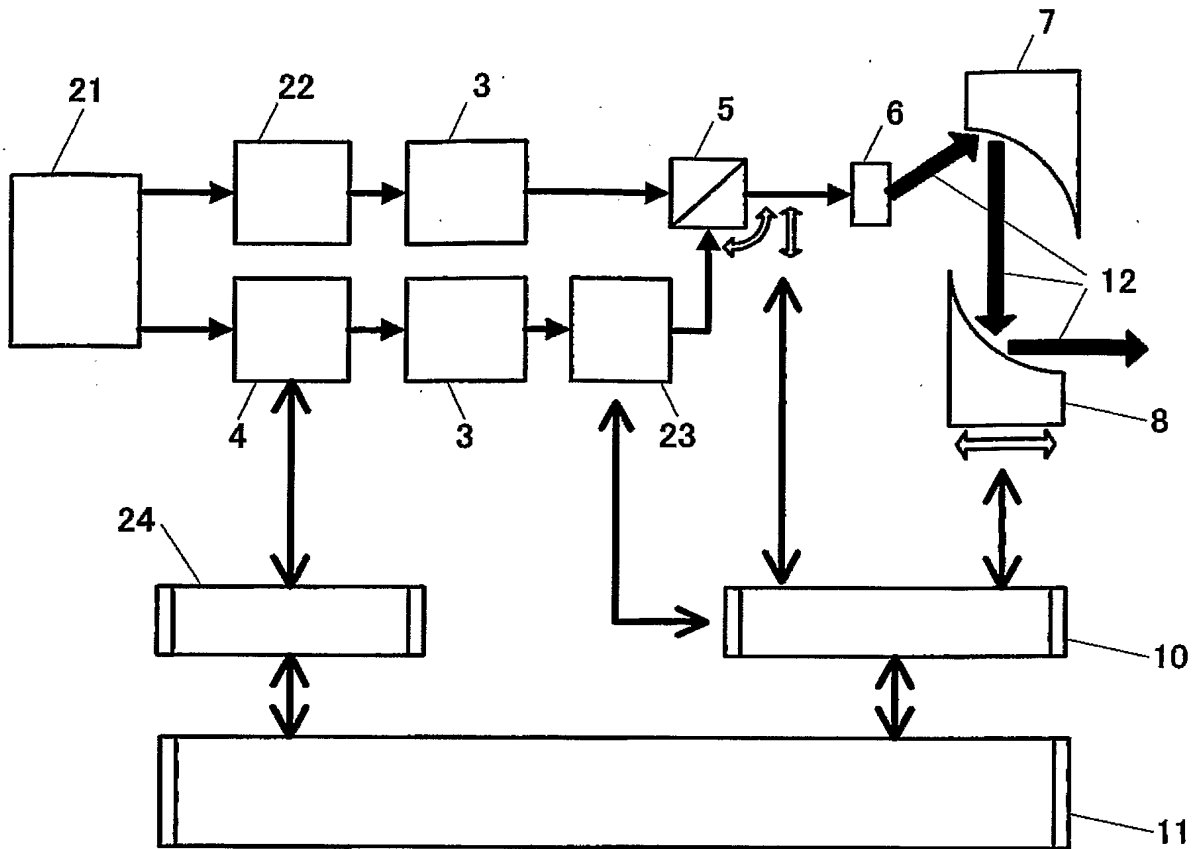
【図 3】



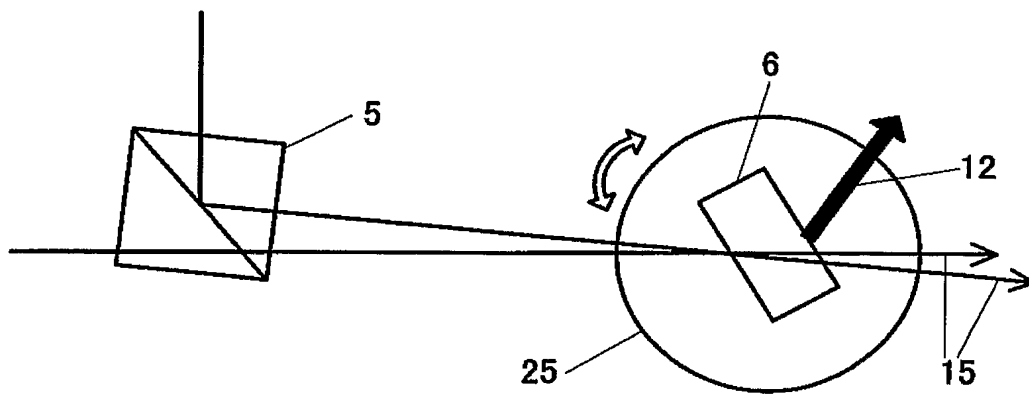
【図 4】



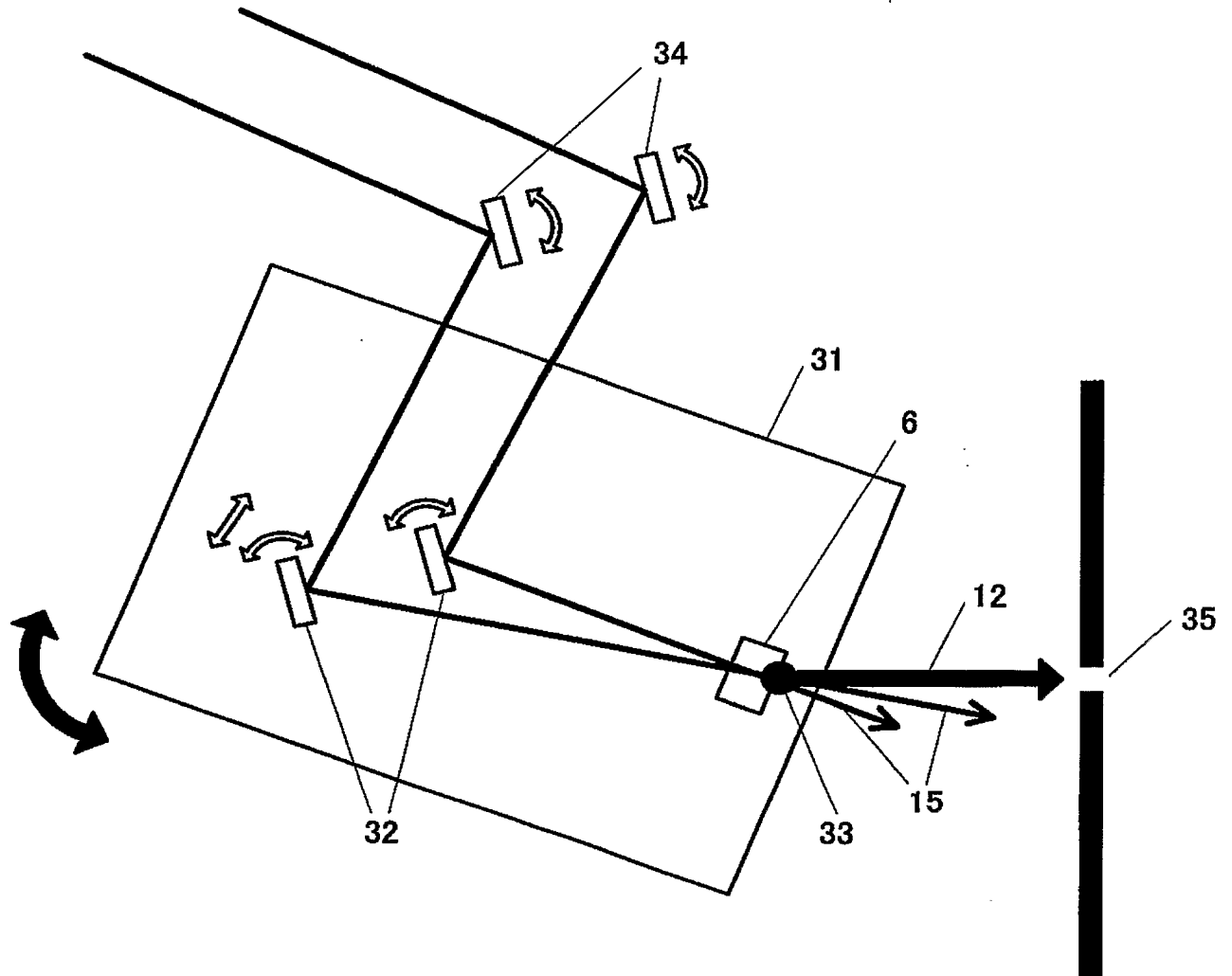
【図 5】



【図 6】



【図 7】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 本発明は、瞬時に任意の出射するテラヘルツ波長を決定し、一定の場所に大出力のテラヘルツ波を供給するコヒーレントテラヘルツ波発生装置である。

【解決手段】 2つのポンプ光源を非線形光学結晶に導入し、差周波発生によりコヒーレントなテラヘルツ波を発生する装置において、テラヘルツ波をある一定の点に任意の周波数で即座に大出力で供給するために、ポンプ光レーザ波長、ポンプ光間角度、光学材料結晶角度、ポンプ光時間差、及び放物面鏡の配置あるいは光学系全体の回転角を連動して制御する。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 4 - 0 5 5 1 3 4

ページ : 1/E

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 1 7 3 9 0 2]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 1 6 日

[変更理由]

新規登録

住 所

宮城県仙台市青葉区川内 (番地なし)

氏 名

財団法人半導体研究振興会